



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off ni lungsschrift
⑩ DE 195 43 813 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 01 S 13/90
G 01 S 13/48
G 01 S 7/03
G 01 S 7/295

②1 Aktenzeichen: 195 43 813.2
②2 Anmeldetag: 24. 11. 95
④3 Offenlegungstag: 28. 5. 97

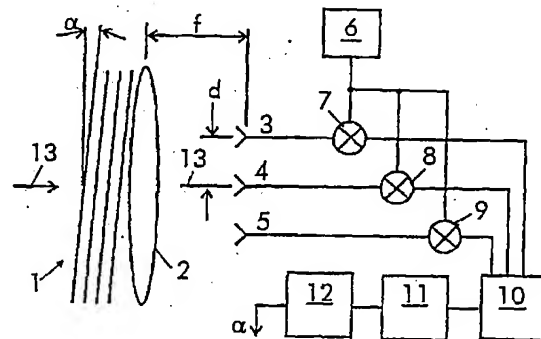
DE 195 43 813 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Pfizenmaier, Heinz, Dipl.-Ing., 71229 Leonberg, DE;
Winter, Klaus, Dr.-Ing., 71701 Schwiebendingen, DE;
Wagner, Klaus Peter, Dipl.-Ing., 70193 Stuttgart, DE

⑤4 Radarsystem, insbesondere Kraftfahrzeug-Radarsystem

⑤7 In einem Radarsystem, vorzugsweise einem dreistahligen Kraftfahrzeug-Radarsystem trifft unter einem Winkel α eine Wellenfront (1) auf eine Linse (2) einer Linsenantenne. In der Brennebene dieser Linse (2), angegeben durch den Abstand (f), sind drei Empfangselemente (3, 4, 5), jeweils mit einem seitlichen Abstand (d) zueinander, für den Empfang von Radarsignalen angeordnet. In drei vorgesehenen Mischern (7, 8, 9) wird in die von einem Oszillator (6) jeweils zugeführte Frequenz das in den Empfangselementen erzeugte Hochfrequenzsignal gemischt. In einem Detektor (10) werden aus den Mischsignalen, in denen die Phaseninformation enthalten ist, Zielobjekte detektiert. Mittels eines daran angeschlossenen Phasenkomparators (11) wird die Phasendifferenz und daraus anschließend in einem Rechner (12) der Winkel (α) zum Zielobjekt ermittelt. Der Wert dieses Winkels (α) wird am Ausgang des Rechners (12) über einen geeigneten Ausgabekanal weiteren Stufen des Systems zugeführt. Alternativ werden die Amplitudenwerte der Strahlen ermittelt, normiert und mit gespeicherten Referenzantennendiagrammen auf maximale Übereinstimmung überprüft.



DE 195 43 813 A 1

B schreibung

Stand der Technik

Die Erfindung ght aus von einem Radarsystem, insbesondere Kraftfahrz ug-Radarsystem der im Oberbegriff des Anspruchs 1 defini rten Gattung.

Aus DE 27 23 355 A1 sowie aus DE 40 40 572 A1 sind geeign t Verfahren zur Bestimmung von Abstand und Relativgeschwindigkeit von Objekten mittels elektromagnetischer Wellen mit Radarsystemen bekannt. Die Anwendung derartiger Systeme als einstrahlige Kraftfahrzeug-Radarsysteme dient zur Auffahrwarnung oder Abstandsregelung. Bei dem Verfahren zum Auswerten von Radarimpulsen gemäß DE 27 23 355 A1 geht es um die Erzielung eindeutiger Meßwerte bei Nutzung der Vorteile des Zeitdehnungsverfahrens. Dazu wird in bestimmter Weise eine Hilsimpulsfolge mit der Radarimpuls-Sendefrequenz periodisch synchronisiert, wobei das Synchronisationsintervall gleich der Laufzeit eines Echoimpulses für ein in einem bestimmten, vorgegebenen maximalen Abstand befindliches Ziel ist. Bei dem Verfahren zur Messung des Abstandes und der Geschwindigkeit eines Objekts gemäß der DE 40 40 572 A1 wird aus dem Frequenzunterschied der ausgesendeten und der gleichzeitig empfangenen Wellen der Abstand berechnet. Der Frequenzunterschied während eines Anstiegs und während eines Abfalls der Frequenz der ausgesendeten Wellen wird gemessen. Aus der Differenz der Frequenzunterschiede wird die Geschwindigkeit und aus dem Mittelwert der Frequenzunterschiede wird der Abstand des Zielobjekts berechnet. Es handelt sich hierbei um das sogenannte FMCW-Radar, bei dem eine kontinuierlich ausgesendete Welle moduliert wird.

Die vorstehend skizzierten, bekannten Radarsysteme, die als Kraftfahrzeug-Radarsysteme zur Auffahrwarnung und/oder zur Abstandsregelung durch Geschwindigkeitsanpassung Verwendung finden können, sind einstrahlige Radarsysteme. Sie weisen den Nachteil von Fehldetektionen von auf Nachbarspuren befindlichen Fahrzeugen und in Kurven auf, weil keine Information über den Azimutwinkel des Zielobjekts vorliegt.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Radarsystem mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil der einfachen Bereitstellung dieser fehlenden Information über den Azimutwinkel des Zielobjektes, oder mit anderen Worten der seitlichen Versetzung des Zielobjekts in Bezug auf eine Bezugsachse. Damit ist es auf einfache und eindeutige Weise möglich, Fahrzeuge auf Nebenspuren zu detektieren und letztlich bei Regelungen als nicht störend zu berücksichtigen, oder auch in Kurven eindeutige Ergebnisse und Ausgangsinformationen für die weitere Verarbeitung zu erhalten.

Gemäß der Erfindung werden zur Winkelmessung zwischen dem Objekt und der Bezugsachse, als die vorzugsweise die optische Achse des Radarsenders wählbar ist, der bzw. die Phasenunterschiede oder die Amplitudenwerte der reflektierten Radarstrahlen, d. h. des Radarechos, mittels eines mehrstrahligen Radarsystems gemessen und ausgewertet.

Die Kenntnis des Winkels, unter dem sich Zielobjekte, insbesondere andere Fahrzeuge, zur optische Achse des Radarsystems befinden, und damit ihre lateralen Abstände vom eigenen Fahrzeug, an dessen Frontpartie das Radarsystem angebracht sein kann, ist wichtig für die Spurzuordnung dieser Fahrzeuge. Somit ist vorteilhafterweise mittels der Erfindung eine klare Aussage über die Relevanz dieser Fahrzeuge für die Geschwindigkeits- und Abstandsregelung des eigenen Fahrzeugs ermöglicht.

Die der Erfindung zu Grunde liegenden Verfahren sind unabhängig von dem verwendeten Radarprinzip, sei es CW-Radar oder sei es Pulsradar. Es erlaubt bei den erfindungsgemäß gestalteten Mehrstrahl-Radarsystemen die Bestimmung des Objektwinkels aus den Phasendifferenzen oder den Amplitudenwerten, welche die Radarechos aus unterschiedlichen Winkeln zwischen den Empfangselementen hervorrufen.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Radarsystems möglich. Dabei sind diese teilweise nur auf das Phasendifferenz-, teilweise nur auf das Amplitudenwerteverfahren und teilweise auf beide Verfahren zutreffend.

Gemäß einer besonders zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung ist bei dem Phasendifferenzverfahren vorgesehen, daß die für die Winkelbestimmung verwendete Phasendifferenz aufgrund der jeweils durch Laufzeitunterschiede der Radarpulse zum Objekt und zurück zum jeweiligen Empfangselement besteht, wobei die Geometrie der Anordnung, insbesondere der seitliche Abstand, d. h. der senkrecht zur optischen Achse bestehende Abstand, der Empfangselemente untereinander, und der seitliche Winkel des Objekts zur optischen Achse berücksichtigt ist.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, betreffend das Amplitudenwerteverfahren, wird bei Messung und Auswertung der Amplitudenwerte ein Vergleich und eine Übereinstimmungsprüfung mit gespeicherten, zugehörigen Referenzantennendiagrammen vorgenommen. Dieses Verfahren kann auch als Amplitudenmatching bezeichnet werden. Gegenüber dem Phasendifferenzverfahren zeigt es einen größeren Eindeutigkeitsbereich hinsichtlich der ermittelten Winkelwerte.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, betreffend das Amplitudenwerteverfahren, werden bei der Auswertung normierte, nach Amplitudenwerten sortierte und mit zugehörigen Winkelindizes versehen Antennendiagramm verwendet, aus den gemessenen Amplitudenwerten gemäß der jeweiligen Strahlen Winkelindizes ermittelt. Diese werden, insbesondere durch Addition von Bewertungsfunktionen, zur Ermittlung des Winkels miteinander verknüpft. Vorteilhafterweise sind die aus der Spannung oder der Leistung gewonnenen Antennendiagramme des Mehrstrahlradars in normierter Form im Speicher des verwendeten Auswerterechners abgelegt.

In vorteilhafter Weiterbildung des Amplitudenmatchingverfahrens, ist der meßbare Winkelbereich beeinflussbar durch eine geeignete Wahl der Antennencharakteristik hinsichtlich der Keulbreite und/oder des Abstandes, insbesondere des senkrechten zur optischen Achse, der Empfangselemente untereinander.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Radarsystems ist dieses mit einer Linsen- oder einer Spiegelantenne ausgestattet, in deren Brennebene die einzelnen Empfangselemente angeordnet sind. Dadurch ist es möglich, völlig getrennte Empfangsantennen zu vermeiden.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Radarsystems ist vorgehen, daß durch geeignete Wahl der Antennencharakteristik des bzw. der Radarsender (Radartransceiver), und damit des damit verbundenen Abstands zwischen den Empfangselementen des Radarsystems, der meßbare Winkelbereich beeinflussbar ist.

Weitere zweckmäßige und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Radarsystems sehen vor, daß es ein monostatisches oder ein bistatisches System ist. Weiterhin kann das System beliebig mehrstrahlig, insbesondere dreistrahlig, sein.

Je nach Einsatz und Umfang des Radarsystems kann gemäß weiterer Ausgestaltungen der Erfindung vorgesehen sein, daß die Signale an den Empfangselementen gleichzeitig abnehmbar sind, oder daß die Signale an den Empfangselementen bei genügend schneller Umschaltung zwischen den Empfangselementen sequentiell abnehmbar sind, wobei gegebenenfalls zur Korrektur der sich dabei durch den Dopplereffekt ergebenden Phasenunterschiede oder zur Korrektur der gemessenen und im Radarecho enthaltenen Amplitudenwerte, die Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts verwendbar ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann die Messung der Phasenunterschiede oder der Amplitudenwerte der vom Zielobjekt reflektierten Radarstrahlen im Zeitbereich mit Hilfe von Analogschaltungen erfolgen, oder sie kann nach einer Fouriertransformation im Frequenzbereich mit Hilfe eines Digitalrechners erfolgen.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung können als Sende- und/oder Empfangselemente des Radarsystems Patch-, Horn- oder dielektrische Strahler vorgesehen sein.

Zeichnung

Die Erfindung ist anhand mehrerer in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Blockschaltbild des erfindungsgemäß gestalteten Radarsystems in der Ausführung als dreistrahliges System sowie im Phasendifferenzverfahren;

Fig. 2 schematisch die Winkelzuordnung zwischen Radarsystem und detektiertem Fahrzeug, welches seitlich von der optischen Achse versetzt ist, sowie die zugehörigen Phasendarstellungen;

Fig. 3 schematisch die Winkelzuordnung zwischen Radarsystem und detektiertem Fahrzeug, welches sich auf der optischen Achse befindet, sowie die zugehörigen Phasendarstellungen;

Fig. 4 schematisch ein Blockschaltbild des erfindungsgemäß gestalteten Radarsystems in der Ausführung als dreistrahliges System sowie im Amplitudenwerte-Verfahren;

Fig. 5A ein sortiertes, normiertes Antennendiagramm für einen Strahl gemäß dem Amplitudenwerte-Verfahren;

Fig. 5B die zum Antennendiagramm gemäß Fig. 5A gehörenden Winkelindizes;

Fig. 6A—C bewertete Winkelindizes für drei Strahlen;

Fig. 6D die Summe der drei bewerteten Winkelindizes gemäß Fig. 6A—C;

Fig. 7 ein Beispiel eines Zweiweg-Antennendiagramms für ein Dreistrahls-Radarsystem, wobei die reflektierten Spannungswerte über Winkelindizes gemessen sind, und

Fig. 8 ein normiertes Antennendiagramm gemäß Fig. 7.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 ist schematisch ein Blockschaltbild des erfindungsgemäß gestalteten Radarsystems, bei dem die Phasendifferenzen gemessen und ausgewertet werden, in der Ausführung als dreistrahliges Kraftfahrzeug-Radarsystem dargestellt. Unter einem Winkel α trifft eine Wellenfront 1 auf eine Linse 2. Diese Linse 2 ist Teil einer nicht näher dargestellten Linsenantenne. In der Brennebene dieser Linse 2, angegeben durch den Abstand f , sind drei Empfangselemente 3, 4 und 5, jeweils mit einem seitlichen Abstand d zueinander, für den Empfang von Radarsignalen angeordnet. In drei vorgesehenen Mischern 7, 8 und 9 wird in die von einem Oszillator 6 jeweils zugeführte Frequenz das in den Empfangselementen 3, 4 und 5 erzeugte Hochfrequenzsignal gemischt. In einem Detektor 10 werden aus den Mischsignalen, in denen die Phaseninformation enthalten ist, die Zielobjekte detektiert. Mittels eines daran angeschlossenen Phasenkomparators 11 wird die Phasendifferenz und daraus anschließend in einem Rechner 12 der Wert des Winkels zum Zielobjekt ermittelt. Dieser Winkelwert wird am Ausgang des Rechners 12 über einen geeigneten Ausgabekanal weiteren Stufen des Systems zugeführt. Diese weiteren Stufen sind nicht dargestellt, weil sie nicht unmittelbar mit der Erfindung zu tun haben.

In der schematischen Darstellung von Fig. 1 sind der besseren Übersicht wegen keine Sendekomponenten des mehrstrahligen Radarsystems dargestellt. Die von Zielobjekten reflektierten Radarstrahlen, das sogenannte Radarecho, sind Radarsignale die durch die Wellenfront 1 dargestellt werden und im allgemeinen schräg unter dem Winkel α zur Senkrechten zu einer Bezugsachse 13, als die vorzugsweise die optische Achse des Radarsystems gewählt ist, bzw. unter diesem Winkel α selbst, einfallen. Durch die Linse 2 werden die reflektierten Radarstrahlen jeweils auf die im Abstand f der Brennebene angeordneten Empfangselemente 3, 4 und 5 fokussiert. Dort rufen sie HF-Signale unterschiedlicher Phasenlage hervor, wobei die Phasendifferenzen abhän-

gig vom Wert des Einfallswinkels α sind. Unter Beibehaltung der Phaseninformation werden die HF-Signale mittels der Mischer 7, 8 und 9 in das Basisband der Frequenz des Oszillators 6 gemischt. Am Ausgang des Rechners 12 steht dann der Wert des Winkels α wunschgemäß zur Verfügung.

In Fig. 2 ist schematisch die Winkelzuordnung zwischen dem Radarsystem, dargestellt durch die drei Empfangselemente 3, 4 und 5 sowie die Linse 2, und einem zu detektierenden Zielobjekt 23, beispielsweise ein Fahrzeug auf einer Nebenspur, welches seitlich um den Abstand A von der optischen Achse 13 versetzt ist, dargestellt. Gleichzeitig sind in der rechten Hälfte der Darstellung in Fig. 2 die zu den einzelnen Empfangselementen gehörenden Phasenlagen und die sich daraus ergebenden Phasendifferenzen P34, zwischen den Phasenlagen der Empfangselemente 3 und 4, und P45, zwischen den Phasenlagen der Empfangselemente 4 und 5, dargestellt.

In Fig. 3 ist ganz ähnlich der Darstellung in Fig. 2 schematisch die Winkelzuordnung zwischen Radarsystem und zu detektierendem Zielobjekt 33, welches hier auf der optischen Achse 13 angeordnet ist, dargestellt. Gleichzeitig sind in der rechten Hälfte der Fig. 3 die zugehörigen Phasendarstellungen gegeben. Diese zeigen, daß hier die Signale gleichphasig sind und somit keine Phasendifferenzen bestehen. Dies entspricht dem Einfallswinkel α von Null.

Das der Erfindung zu Grunde liegende Verfahren erlaubt den Aufbau eines beliebig mehrstrahligen Radarsystems, insbesondere eines dreistahligen wie dargestellt. Darüberhinaus ist es möglich, das Radarsystem als monostatisches oder bistatisches System zu gestalten. Weiterhin kann durch geeignete Wahl der Antennencharakteristik des Radarsenders bzw. der Radarsender bei mehreren, und damit des damit einhergehenden seitlichen Abstands d zwischen den Empfangselementen 3, 4 und 5 des Radarsystems, der meßbare Bereich für den Einfall- bzw. Objektwinkel α beeinflußt werden.

Die für die Winkelbestimmung verwendete Phasendifferenz zwischen den Radarechos entsteht aufgrund der Laufzeitunterschiede der Radarpulse oder allgemein der Radarsignale, zum Zielobjekt 23 bzw. 33 hin und wieder zurück zum jeweiligen Empfangselement 3, 4 oder 5. Diese Laufzeitunterschiede ergeben sich aufgrund der Geometrie der Anordnung, insbesondere dem seitlichen Abstand d der Empfangselemente 3, 4, 5 untereinander, sowie dem Winkel α des Zielobjekts 23 zur optischen Achse 13, wie in Fig. 2 dargestellt. Dieser seitliche Winkel α ergibt sich dann am Ausgang des Rechners 12 in Fig. 1 als verwendbarer Zahlenwert. Die Phasendifferenz zwischen den einzelnen Signalen der Empfangselemente 3, 4, 5 ist näherungsweise proportional zum Abstand d zwischen den Empfangselementen, zum Objektwinkel α und reziprok zur Wellenlänge λ der Hochfrequenzsignale.

In der Fig. 4 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch im Blockschaltbild dargestellt. Es handelt sich hier wiederum um ein dreistrahliges Radarsystem und es wird im Amplitudenwerte-Verfahren betrieben. Die Anordnung in Fig. 4 entspricht, bis auf die Blöcke 40, 41 und 42, in Aufbau und Funktion der Anordnung von Fig. 1. Es wird deshalb hier nur zusätzlich erläutert, welche abweichende Bedeutung diese Blöcke haben. Block 40 ist eine Verstärkeranordnung, mit deren Hilfe die analogen Amplitudenwerte, die im empfangenen Radarecho enthalten sind, verstärkt werden. Block 41 ist ein Analog-Digital-Wandler, dem die verstärkten Amplitudenwerte zugeführt werden. Diese werden in digitale Werte umgewandelt und einem Auswerterechner 42 zugeführt. Am Ausgang des Rechners 42 steht der gewünschte Winkelwert α an.

Beim Amplitudenwerte-Verfahren, das nachfolgend näher beschrieben wird, wird durch ein Matching-Verfahren der bei einem Mehrstrahlradar, hier am Beispiel eines Dreistrahler-Radars beschrieben, in den verschiedenen Strahlen gemessenen Signalamplituden eines Zieles mit dem gespeicherten Referenzantennendiagramm des Radars, der Winkel α ermittelt. Beim erfindungsgemäß gestalteten Verfahren werden vorteilhafterweise normierte Werte auf Übereinstimmung überprüft. Die an den Empfangselementen gemessenen Amplitudenwerte werden nach geeigneter Normierung mit den ebenfalls geeignet normierten Werten eines gespeicherten Referenzantennendiagramms derart verglichen, daß maximale Übereinstimmung erreicht wird. Dieser Vergleich findet im Auswerterechner 42 statt. Der den Amplitudenwerten aus dem Referenzantennendiagramm, bei denen maximale Übereinstimmung vorliegt, zugeordnete Winkel ist der wahrscheinliche Winkel, unter welchem sich das Zielobjekt in Bezug auf die Referenzachse 13 befindet.

Die Normierung der Antennendiagramme kann auf verschiedene Weise erfolgen. So sind beispielsweise Summen- oder Produktnormierung für die Spannungs- oder Leistungswerte einsetzbar. Anhand des Dreistrahler-Radars sieht dies für die Summennorm, bei welcher die gemessenen Amplitudenanteile der drei Strahlen zu einer Summe aufaddiert werden und die Einzelanteile durch diese Summe zur Bildung der jeweiligen normierten Werte geteilt werden, wie folgt aus:

$$\text{sum}(a) = l(a) + m(a) + r(a)$$

$$nl(a) = l(a)/\text{sum}(a)$$

$$ml(a) = m(a)/\text{sum}(a)$$

$$nr(a) = r(a)/\text{sum}(a)$$

wobei bedeuten

a Winkel oder Winkelindex

l(a) Amplitude des linken Strahls beim Winkel a

m(a) Amplitude des mittleren Strahls beim Winkel a

r(a) Amplitude des rechten Strahls beim Winkel a, jeweils Spannung oder Leistung,

nl(a) normierter Amplitudenwert des linken Strahls beim Winkel a

ml(a) normierter Amplitudenwert des mittleren Strahls beim Winkel a
 rl(a) normierter Amplitudenwert des rechten Strahls beim Winkel a.

In Fig. 7 ist ein Zweiwegantennendiagramm eines Dreistrahl-Radars dargestellt. Dabei ist der Betragswert der Spannung über dem den Winkel repräsentierenden Winkelindex aufgetragen. Die mit 71 bezeichnete Kurve stellt den reflektierten und am linken Empfangselement 5 (Fig. 4) gemessenen Amplitudenwert l(a) dar. Die mit 72 bezeichnete Kurve stellt den reflektierten und am mittleren Empfangselement 4 (Fig. 4) gemessenen Amplitudenwert m(a) dar. Die mit 73 bezeichnete Kurve stellt den reflektierten und am rechten Empfangselement 3 (Fig. 4) gemessenen Amplitudenwert r(a) dar. In Fig. 8 sind die zu den Kurven aus Fig. 7 gehörenden normierten Werte aufgetragen. Die dabei gewählte Normierung ist die Summennormierung. In jedem einzelnen Punkt der horizontalen Achse des Winkelindex ist die Summe aller drei normierten Werte des gleichen Winkelindex gleich 1. Mit der Kurve 81 ist der normierte Amplitudenwert nl für den linken Strahl dargestellt, der aus den Werten der Kurve 71 in Fig. 7 gebildet ist. Mit der Kurve 82 ist der normierte Amplitudenwert nm für den mittleren Strahl dargestellt, der aus den Werten der Kurve 72 in Fig. 7 gebildet ist. Mit der Kurve 83 ist der normierte Amplitudenwert nr für den rechten Strahl dargestellt, der aus den Werten der Kurve 73 in Fig. 7 gebildet ist.

Zur Normierung der Amplitudenwerte ist, wie bereits erwähnt, auch eine Produktnormierung möglich. Dabei wird aus den Amplitudenwerten der einzelnen reflektierten und von den drei Empfangselementen 3, 4 und 5 gemessenen Werten ein Produkt gebildet. Die Normierung erfolgt dann so, daß jeder einzelne Amplitudenwert durch die dritte Wurzel des Produkts dividiert wird. Formelmäßig sieht dies wie folgt aus:

$$\begin{aligned} \text{prod}(a) &= l(a) \cdot m(a) \cdot r(a) \\ \text{nl}(a) &= l(a) / \text{prod}(a)^{(1/3)} \\ \text{nm}(a) &= m(a) / \text{prod}(a)^{(1/3)} \\ \text{nr}(a) &= r(a) / \text{prod}(a)^{(1/3)}, \end{aligned}$$

wobei der Ausdruck $\text{prod}(a)^{(1/3)}$ die dritte Wurzel aus dem $\text{prod}(a)$ bedeutet.

In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung werden zur Ermittlung des gesuchten Winkels die normierten Antennendiagramme nach Amplitudenwerten sortiert, wobei die jeweils zugehörigen Winkelindizes in gleicher Weise umsortiert werden. In Fig. 5A ist dies für ein sortiertes, normiertes Antennendiagramm dargestellt, wobei die horizontale Achse einen fortlaufenden Sortierindex angibt. Über diesem fortlaufenden Sortierindex sind die normierten Amplitudenwerte mit steigendem Wert aufgetragen. In Fig. 5B sind die zu Fig. 5A gehörigen Winkelindizes über dem fortlaufenden Sortierindex aufgetragen. Diese so erhaltenen Referenzdiagramme, die aus sortierten, normierten Amplitudenwerten und zugehörigen Winkelindizes bestehen, werden beispielsweise in Form von Listen im Speicher des Auswerterechners 42 abgelegt.

In Tabelle 1 ist nachfolgend ein Auszug aus einem sortierten, normierten Antennendiagramm eines Dreistrahl-Radars in Listen- bzw. Tabellenform dargestellt, wobei jeweils für den Strahl Links, Mitte und Rechts sowohl die Amplitudenwerte als auch die zugehörigen Winkelindizes angegeben sind.

Tabelle 1

	Links		Mitte		Rechts	
	Ampl.	Winkelindex	Ampl.	Winkelindex	Ampl.	Winkelindex
5						
10	0.7574	97.0000	0.3698	82.0000	0.7689	35.0000
	0.7594	133.0000	0.3736	51.0000	0.7689	1.0000
	0.7606	111.0000	0.3988	81.0000	0.7694	44.0000
	0.7649	132.0000	0.4065	52.0000	0.7699	38.0000
15	0.7656	134.0000	0.4246	80.0000	0.7747	39.0000
	0.7659	96.0000	0.4373	53.0000	0.7769	24.0000
	0.7681	112.0000	0.4480	79.0000	0.7813	40.0000
	0.7755	90.0000	0.4682	54.0000	0.7839	23.0000
20	0.7764	131.0000	0.4712	78.0000	0.7846	43.0000
	0.7764	95.0000	0.4958	55.0000	0.7885	41.0000
	0.7787	113.0000	0.4959	77.0000	0.7893	42.0000
	0.7810	127.0000	0.5190	76.0000	0.7949	2.0000
25	0.7853	130.0000	0.5253	56.0000	0.7963	22.0000
	0.7868	129.0000	0.5389	75.0000	0.8029	3.0000
	0.7877	94.0000	0.5526	57.0000	0.8088	21.0000
30	0.7931	128.0000	0.5560	74.0000	0.8213	20.0000
	0.7932	114.0000	0.5733	73.0000	0.8301	4.0000
	0.7934	91.0000	0.5772	58.0000	0.8351	19.0000
	0.7967	93.0000	0.5898	72.0000	0.8498	18.0000
35	0.8013	92.0000	0.5986	59.0000	0.8594	5.0000
	0.8048	126.0000	0.6048	71.0000	0.8618	16.0000
	0.8076	125.0000	0.6145	60.0000	0.8621	17.0000
	0.8124	115.0000	0.6169	70.0000	0.8710	15.0000
40	0.8125	124.0000	0.6262	69.0000	0.8755	6.0000
	0.8270	123.0000	0.6301	61.0000	0.8813	14.0000
	0.8339	116.0000	0.6340	68.0000	0.8817	7.0000
	0.8460	122.0000	0.6411	62.0000	0.8868	9.0000
45	0.8570	117.0000	0.6421	67.0000	0.8872	8.0000
	0.8652	121.0000	0.6469	66.0000	0.8898	13.0000
	0.8702	119.0000	0.6477	63.0000	0.8917	10.0000
50	0.8703	118.0000	0.6499	65.0000	0.8927	12.0000
	0.8817	120.0000	0.6513	64.0000	0.8980	11.0000

Bei der Winkelmessung werden die für ein Ziel in den verschiedenen Strahlen, z. B. Links-Mitte-Rechts, eines Mehrstrahlradars gemessenen Pegel in der gleichen Weise normiert, wie dies vorstehend für die Referenzdiagramme erläutert wurde.

Zur Winkelbestimmung wird im gespeicherten Referenzantennendiagramm für einen Strahl zu dem gemessenen und normierten Pegelwert des Zieles des entsprechenden Strahls derjenige Amplitudenwert gesucht, der die kleinstmögliche Differenz aufweist, oder mit anderen Worten die größte Übereinstimmung erbringt. In der Liste der zugehörigen Winkelindizes werden aus der Umgebung des zum gefundenen Amplitudenwert gehörenden Winkelindex eine Anzahl von Winkelindizes entnommen. Diese Anzahl kann vorteilhafterweise vom Signal-Rausch-Verhältnis für das Ziel abhängig gemacht werden. Diese Vorgehensweise wird für jeden einzelnen Strahl des Mehrstrahlradars durchgeführt. Man erhält auf diese Weise für jeden Strahl eine Liste von plausiblen Winkelindizes. Diese werden nunmehr auf Übereinstimmung untersucht. Treten dicht beieinanderliegende Winkelindizes in allen Listen, das bedeutet für alle Strahlen, auf, so wird ein dazu gehörender Winkel als der wahrscheinlichste Winkel α für das Ziel angenommen. Dieser Winkel α wird demgemäß am Ausgang des Auswerterechners 42 in Fig. 4 ausgegeben.

Anhand der nachfolgenden Tabelle 2 ist am Beispiel für ein Ziel im mittleren Strahl ein gemessener und

normierter Amplitudenwert $An_m = 0.6$ ermittelt word n . Mit diesem Wert wird in der Referenzlist für den mittleren Strahl gesucht und zwar über eine ang nommene Anzahl von 9 möglichen Winkelindizes um den Wert 0.6 herum.

Tabelle 2

5

	0.5253	56.0000			
	0.5389	75.0000			10
	0.5526	57.0000			
	0.5560	74.0000	\		
	0.5733	73.0000	\		15
	0.5772	58.0000	\		
	0.5898	72.0000	\		
0.6 --->	0.5986	59.0000		> mögliche Winkelindizes	20
	0.6048	71.0000	/		
	0.6145	60.0000	/		
	0.6169	70.0000	/		25
	0.6262	69.0000	/		
	0.6301	61.0000			
	0.6340	68.0000			30
	0.6411	62.0000			

Ebenso werden aus den Listen für den Strahl Links und für den Strahl Rechts aufgrund der für dasselbe Ziel gemessenen und normierten Amplitudenwerte An_l und An_r mögliche Winkelindizes ermittelt. Die auf diese Weise gewonnenen Listen werden auf Übereinstimmung hin untersucht.

Gemäß einer besonders zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung werden für die in den Listen der möglichen Winkelindizes enthaltenen Werte zu einem Winkelindexvektor Bewertungsfunktionen addiert. In der Fig. 6 ist dies anhand von einer dreieckförmigen Bewertungsfunktion dargestellt. Jeder einzelne in Frage kommender Winkelindex wird mit einem Dreieck dargestellt. Liegen zwei Dreiecke wegen zweier Winkelindizes unmittelbar nebeneinander, dann ergibt sich, wie beispielsweise in Fig. 6A und 6C dargestellt, eine größere geometrische Figur 61 bzw. 62 als das einzelne Dreieck 60. Die Diagramme der Fig. 6A—C zeigen über dem Winkelindex in der horizontalen Achse die sich nach dem Addieren der Bewertungsfunktion zu den einzelnen in Frage kommenden Winkelindizes ergebenden Werte auf der vertikalen Achse. Im Diagramm der Fig. 6D ist über der horizontalen Achse der Winkelindizes der Wert für die aufsummierten, bewerten Winkelindizes aller drei Strahlen aus den Fig. 6A—C dargestellt. Der Winkelindex mit der höchsten Wertung, mit 63 in Fig. 6D bezeichnet, wird als am wahrscheinlichsten ausgewählt. Daraus ergibt sich dann der gesuchte Winkel α , unter dem das gemessene Ziel zur Referenzachse 13 liegt.

In den in Fig. 1 und 4 dargestellten Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen Radarsystems ist keine analog/digitale Schnittstelle angegeben. Dies deshalb, weil die Messung der Phasendifferenzen oder der Amplitudenwerte im Zeitbereich mit Hilfe von Analogschaltungen erfolgen kann, oder nach einer Fouriertransformation im Frequenzbereich mit Hilfe eines Digitalrechners erfolgen kann. Die Signale an den Empfangselementen 3, 4 und 5 können dort gleichzeitig abgenommen werden. Sie können dort jedoch auch, was nicht dargestellt ist, bei genügend schneller Umschaltung zwischen ihnen sequentiell abgenommen werden. Dabei können etwa notwendige Korrekturen der sich dabei durch den Dopplereffekt ergebenden Phasenunterschiede oder der Amplitudenwerte durch zu Hilfenahme der Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts vorgenommen werden.

Das der Erfindung zugrundeliegende Verfahren erlaubt in vorteilhafter Weise generell bei mehrstrahligen Radarsystemen, und insbesondere bei dem dargestellten dreistrahligen Radarsystem, die Linsen- oder Spiegellantennen und mehrere Speise- und Empfangselemente enthalten, die Bestimmung des Objektwinkels α aus den Phasendifferenzen oder aus den unterschiedlichen Amplitudenwerten. Dabei rufen die Radarechos, die aus unterschiedlichen Winkeln in den Empfangselementen einfallen, diese Phasendifferenzen bzw. Amplitudenwerte hervor. Die Speise- und Empfangselemente des Radarsystems können als Patch-, Horn- oder dielektrische Strahler ausgeführt sein.

Patentansprüche

1. Radarsystem, insbesondere Kraftfahrzeug-Radarsystem, dadurch gekennzeichnet, daß zur Winkelmes-

sung zwischen einem Objekt (23, 33) und einer Bezugsachs (13), als die vorzugsweis die optische Achs des Radarsenders wählbar ist, der bzw. die Phasennunterschiede (P34, P45) oder die Amplitudenwerte (Anl, Anm, Anr) der reflektierten Radarstrahlen, d. h. des Radarechos, mittels eines mehrstrahligen Radarsystems gemessen und ausgewertet werden.

2. Radarsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Winkelbestimmung verwendete Phasendifferenz (P34, P45) aufgrund der jeweils durch Laufzeitunterschiede der Radarpulse zum Objekt (23, 33) und zurück zum jeweiligen Empfangselement (3, 4, 5) besteht, wobei die Geometrie der Anordnung, insbesondere der seitliche, d. h. senkrecht zur optischen Achs (13) Abstand (d) der Empfangselemente (3, 4, 5) untereinander, und der seitliche Winkel (α) des Objekts (23, 33) zur optischen Achse (13) berücksichtigt ist.

3. Radarsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Messung und Auswertung der Amplitudenwerte (Anl, Anm, Anr) ein Vergleich und eine Übereinstimmungsprüfung mit gespeicherten, zugehörigen Referenzantennendiagrammen vorgenommen wird.

4. Radarsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Auswertung normierte, nach Amplitudenwerten sortierte und mit zugehörigen Winkelindizes versehene Antennendiagramme verwendet werden, daß aus den gemessenen Amplitudenwerten (Anl, Anm, Anr) gemäß der jeweiligen Strahlen Winkelindizes ermittelt und, insbesondere durch Addition von Bewertungsfunktionen, zur Ermittlung des Winkels (α) miteinander verknüpft werden.

5. Radarsystem nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der meßbare Winkelbereich beeinflussbar ist durch eine geeignete Wahl der Antennencharakteristik hinsichtlich der Keulbreite und/oder des Abstandes, insbesondere des senkrechten zur optischen Achse, der Empfangselemente untereinander.

6. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dieses mit einer Linsen-(2) oder einer Spiegelantenne ausgestattet ist, in deren Brennebene (f) die einzelnen Empfangselemente (3, 4, 5) angeordnet sind.

7. Radarsystem nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch geeignete Wahl der Antennencharakteristik des Radarsenders bzw. der Radarsender, und damit des damit verbundenen Abstands (d) zwischen den Empfangselementen (3, 4, 5) des Radarsystems, der meßbare Winkelbereich beeinflussbar ist.

8. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es ein monostatisches oder ein bistatisches System ist.

9. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das System beliebig mehrstrahlig, insbesondere dreistrahlig, ist.

10. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale an den Empfangselementen (3, 4, 5) gleichzeitig abnehmbar sind.

11. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale an den Empfangselementen (3, 4, 5) bei genügend schneller Umschaltung zwischen den Empfangselementen (3, 4, 5) sequentiell abnehmbar sind, wobei gegebenenfalls zur Korrektur der sich dabei durch den Dopplereffekt ergebenden Phasenunterschiede (P34, P45) oder zur Korrektur der gemessenen und im Radarecho enthaltenen Amplitudenwerte (Anl, Anm, Anr), die Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts (23, 33) verwendbar ist.

12. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Phasenunterschiede (P34, P45) oder der Amplitudenwerte (Anl, Anm, Anr) der vom Zielobjekt (23, 33) reflektierten Radarstrahlen im Zeitbereich mit Hilfe von Analogschaltungen erfolgt, oder nach einer Fouriertransformation im Frequenzbereich mit Hilfe eines Digitalrechners erfolgt.

13. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Sende- und/oder Empfangselemente (3, 4, 5) Patch-, Horn- oder dielektrische Strahler vorgesehen sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- L erseite -

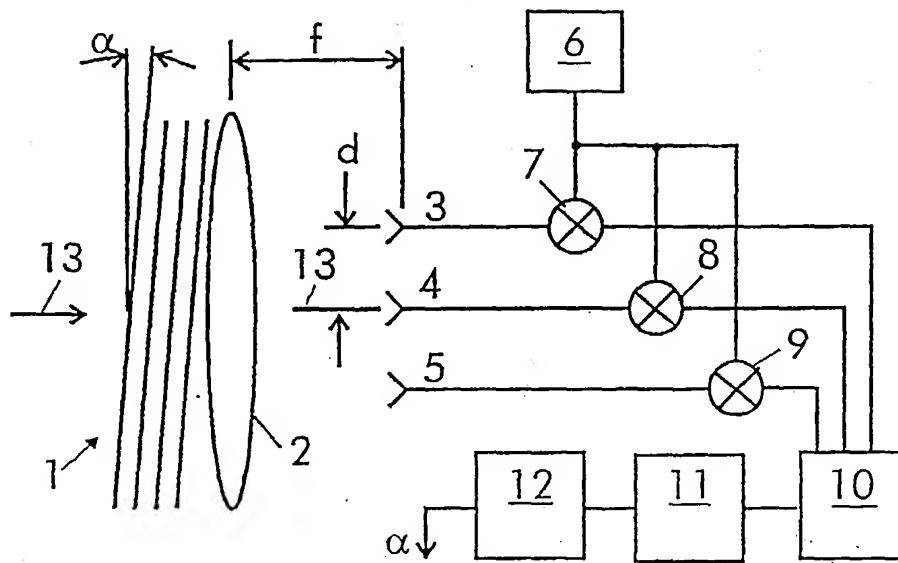


FIG. 1

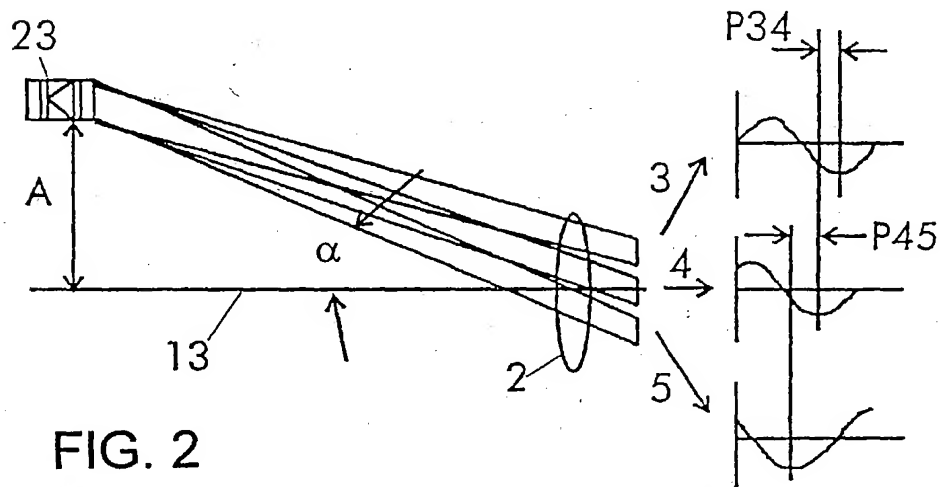


FIG. 2

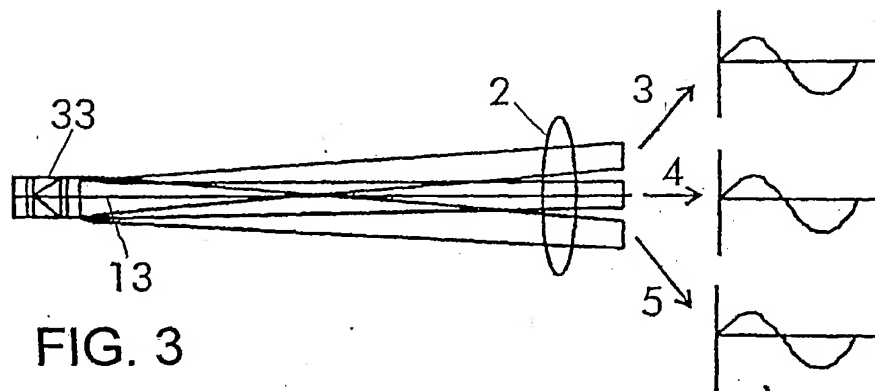


FIG. 3

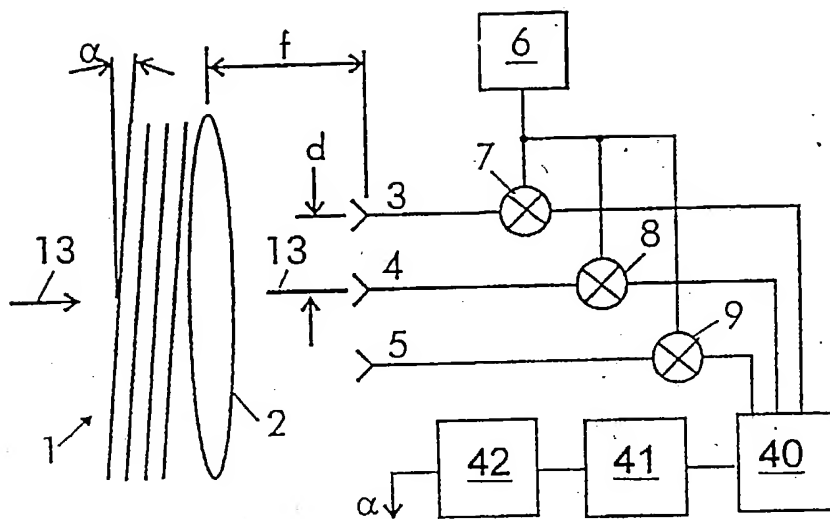


FIG. 4

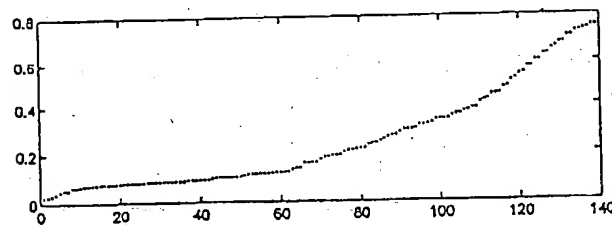


FIG. 5A

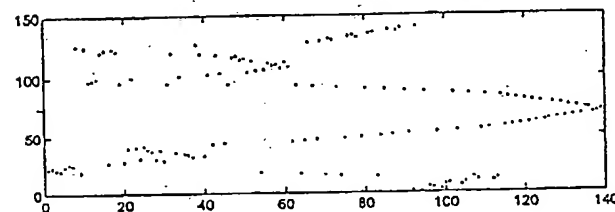


FIG. 5B

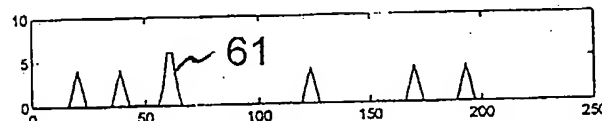


FIG. 6A

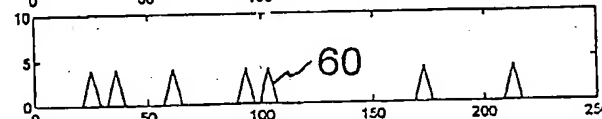


FIG. 6B

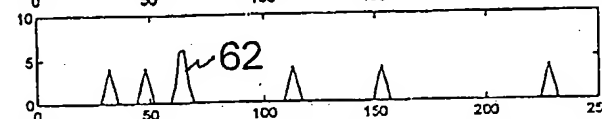


FIG. 6C

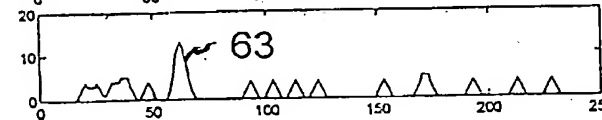


FIG. 6D

